



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut

Sander Rannakivi

**JUUREMÄDANIKE KAHJUSTUSED 21-40 AASTASTES
KUUSIKUTES**

ROOT ROT DAMAGES IN 21-40 YEAR OLD NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* L.)
STANDS

Bakalaureusetöö
Metsanduse õppekava

Juhendajad:
teadur Tiia Drenkhan,
dotsent Rein Drenkhan

Tartu 2018



Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Sander Rannakivi		Õppekava: metsandus	
Pealkiri: Juuremädanike kahjustused 21-40 aastastes kuusikutes			
Lehekülgi: 29	Jooniseid: 3	Tabeleid: 3	Lisasid: 0
Õppetool:	Metsakasvatuse- ja metsaökoloogia		
Uurimisvaldkond:	Metsapatoloogia		
Juhendaja(d):	Tiia Drenkhan PhD, Rein Drenkhan PhD		
Kaitsmiskoht ja aasta:	Tartu, 2018		
<p>Juuremädanikud perekondadest juurepess (<i>Heterobasidion</i> spp.) ja külmasseen (<i>Armillaria</i> spp.) on suure majandusliku kahju tekitajad hariliku kuuse (<i>Picea abies</i> L.) puistutes. Juuremädanike levimist mõjutavad harvendusraiete hulk, raie teostamise aeg ja puistu vanus. Bakalaureusetöö eesmärk oli välja selgitada juuremädanike tekitajate levik hariliku kuuse (21-40.a) puistutes ja võrrelda patogeenide levikut harvendatud ja harvendamata puistutes. Töös uuritavad alad paiknesid Tartu-, Põlva-, Valga-, Jõgeva ja Võru metskonnas. Proove koguti 31 puistust (372 proovi). Harvendatud ja harvendamata puistutest kokku määrati juuremädanike esinemine 15st puistust (48,4%). Molekulaarsete analüüside tulemusel määrati kuuse-juurepessu 26 proovist ja külmasseen 1 proovist. Töö tulemusena selgus, et juurepessu esines harvendatud puistutes 43,8% analüüsitud proovidel ja harvendamata aladel 53,3% proovidel.</p>			
Märksõnad: <i>Heterobasidion</i> spp., harilik kuusk, hooldussraie, harvendamata kuusepuist, liigispetsiifiline DNA praimer			



Estonian University of Life Sciences		Abstract of Bachelor's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Sander Rannakivi		Speciality: forestry	
Title: Root rot damages in 21-40 year old Norway spruce (<i>Picea abies</i> L.) stands			
Pages: 29	Figures: 3	Tables:3	Appendixes:0
Department:	Chair of Silviculture and Forest Ecology		
Field of research:	Forest pathology		
Supervisors:	Tiia Drenkhan PhD, Rein Drenkhan PhD		
Place and date:	Tartu, 2018		
Root rot diseases (<i>Heterobasidion</i> spp.) and (<i>Armillaria</i> spp.) causes serious economically important damages in Norway spruce (<i>P. abies</i> L.) stands. Infection of fresh stump is manly affected by thinning period, thinning frequency and stand age. The aim of the Bachelor's Thesis is to investigate the spread of root rot diseases in Norway spruce stands. Samples were collected from Tartumaa, Põlvamaa, Valgamaa, Jõgevamaa and Võrumaa forest districts (together 372 samples). Samples were collected in autumm 2016 until spring 2017. Samples were analysed by species specific primers and determined species of the patogen. <i>Heterobasidion parviporum</i> exist in 26 samples and 1 sample was infeced with <i>Armillaria</i> spp., together 15 sample plot were infected with root diseases. The proportion of infection in thinned stands was 43,8% and 53,3% unthinned stands, respectively.			
Keywords: <i>Heterobasidion</i> spp., root rot, <i>Armillaria</i> spp., thinning, species-specific DNA primers			

SISUKORD

SISUKORD	4
SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	7
1.1 Juurepessu (<i>Heterobasidion</i> spp.) üldisloomustus	7
1.2 Juurepessu levik	8
1.3 Harvendusraied kuusikutes	9
1.4 Juurepessu leviku piiramine	11
1.5 Külmasene (<i>Armillaria</i> spp.) üldisloomustus ja levik.....	11
2. KATSEALADE ÜLDISELOOMUSTUS	13
2.1 Alade valik ja asukoht.....	13
2.2 Tartumaa metskond.....	15
2.3 Põlvamaa metskond	15
2.4 Valgamaa metskond.....	16
2.5 Jõgevamaa metskond	16
2.6 Võrumaa metskond	16
3. METOODIKA	17
3.1 Välitööd	17
3.2 Labortööd.....	18
3.2.1 DNA eraldamine puiduproovidest	18
3.2.2 PCR- polymerase chain reaction (polümeerasi ahelreaktsioon)	18
3.2.3 Geelelektroforees	19
4. TULEMUSED	20
5. ARUTELU	23
6. KOKKUVÕTE	25
VIIDATUD ALLIKAD	26

SISSEJUHATUS

Eestis on metsaga kaetud 50,3 % kogu maismaa pindalast. Hariliku kuuse (*Picea abies* L.) puistud moodustavad 17,6% metsamaa pindalast ning puuliikide tagavarast 23,9%, harvendusraiete maht 2013. aastal Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) poolt majandatavates hariliku kuuse puistutes oli 536 000 m³ (Aastaraamat...2016).

Eesti metsades on majandusliku tähtsusega okaspuudest juurepessu poolt enim kahjustatud harilik kuusk (Hanso 1986). Hariliku kuuse puistutes on olulistemateks juuremädanike tekitajateks seeneliigid perekondadest juurepess (*Heterobasidion* spp.) ja külmaseen (*Armillaria* spp.) (Drenkhan 2014). Kuusikutes esineb suuri juurepessu kahjustusi hea aeratsiooniga viljakatel rähk- ja jääkkarbonaatsetel muldadel, kuid ka leetunud muldadel kasvavates jänesekapsa- ja sinilillekuusikutes. Tunduvalt vähem kahjustusi on puistutes mis on looduslikult tekkinud või on puistu koosseisus lisaks harilikule kuusele ka teisi puuliike (näiteks lehtpuid) (Hanso ja Hanso 1999b). Juurepessu leviku osas on välja kujunenud seaduspärasus: mida intensiivsem raie seda rohkem on puistu juurepessu poolt nakatunud (Õunap ja Hanso 2016).

Bakalaureusetöö eesmärgiks on välja selgitada juuremädanike levik ja tekitajad 21-40 aastases hariliku kuuse enamusega puistutes viljakatel kasvukohatüüpidel ja tulemuste põhjal võrrelda patogeenide levikut harvendatud ja harvendamata kuusikutes ning analüüsida toetatud harvendusraiete ja kasvukohatüübi mõju juuremädanike levikule. Kogutud juurdekasvuproovidest määratakse mädanike tekitajate (juurepessu ja külmaseene) esinemine.

Töö esimeses osas tutvustatakse enamlevinud juuremädanike tekitajaid hariliku kuuse puistutes (juurepess ja külmaseen), antakse ülevaade harvendusraiete mõjust ja juurepessu leviku piiramise võimalustest. Katsealade osas antakse ülevaade katsealadest ja nende asukohtadest. Metoodika osas kirjeldatakse välitööde ja labortööde metoodikat. Edasi tulevad töö tulemused ja arutelu ning lõpuks töö kokkuvõte.

Töö autor ei osalenud välitöödel, kuid tutvus põhjalikult välitööde metoodikaga ning lisaks bakalaureusetöö kirjutamisele, teostas kõik labortööd töö autor.

Autor avaldab suurt tänu juhendajatele Tiia Drenkhan'ile ja Rein Drenkhan'ile kannatlikkuse, heade nõuannete ning igakülgse toetuse eest. Suured tänud Kalev

Adamson'ile ja Katrin Jürimaa'le labortöodes juhendamise ja abistamise eest.

Bakalaureusetöö teostati KIK'i projekti T160020MIMB „Olulisemate juuremädanike kahjustuste uuring okaspuu puistutes“ (2017-2018) ja RMK projekti T160148MIMK „Kuusikute raieaja ja raieviiside mõju patogeenide levikule ja arvukusele ning puistu elurikkusele viljakates kasvukohatüüpides“ (2016–2019) raames.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Juurepessu (*Heterobasidion* spp.) üldiseloostus

Peamiseks juure- ning tüvemädaniku tekitajaks Eesti metsades on juurepess (*Heterobasidion* spp.). Patogeen esineb põhiliselt harilikul kuusel (*Picea abies* L.) ja harilikul männil (*Pinus sylvestris* L.), aga ka näiteks harilikul kadakal (*Juniperus communis* L.), arukasel (*Betula pendula* Roth.), lehisel (*Larix* sp.), nulul (*Abies* sp.), ebatsuugal (*Pseudotsuga* sp.), aga ka mõnel alustaimestiku liigil (mustikas, kanarbik) (Hanso ja Hanso 1999a). Juurepessu viljakehad on mitmeaastased (joonis 1) - seeneliha on hele ja ülaküljel on helepruun kiht. Kuuse- ja männi-juurepessu on võimalik eristada pooride arvu järgi ühe millimeetri kohta: männi-juurepessul (*H. annosum*) on poore millimeetrit 3-4 ja kuuse-juurepessul (*H. parviporum*) 4-6. Kuuse juurepessu noorel viljakehal on ülapinnal pehme viltjas kiht (Niemelä 2008).



Joonis 1. Kuuse- juurepessu viljakeha puujuurel (Foto: Rein Drenkhan)

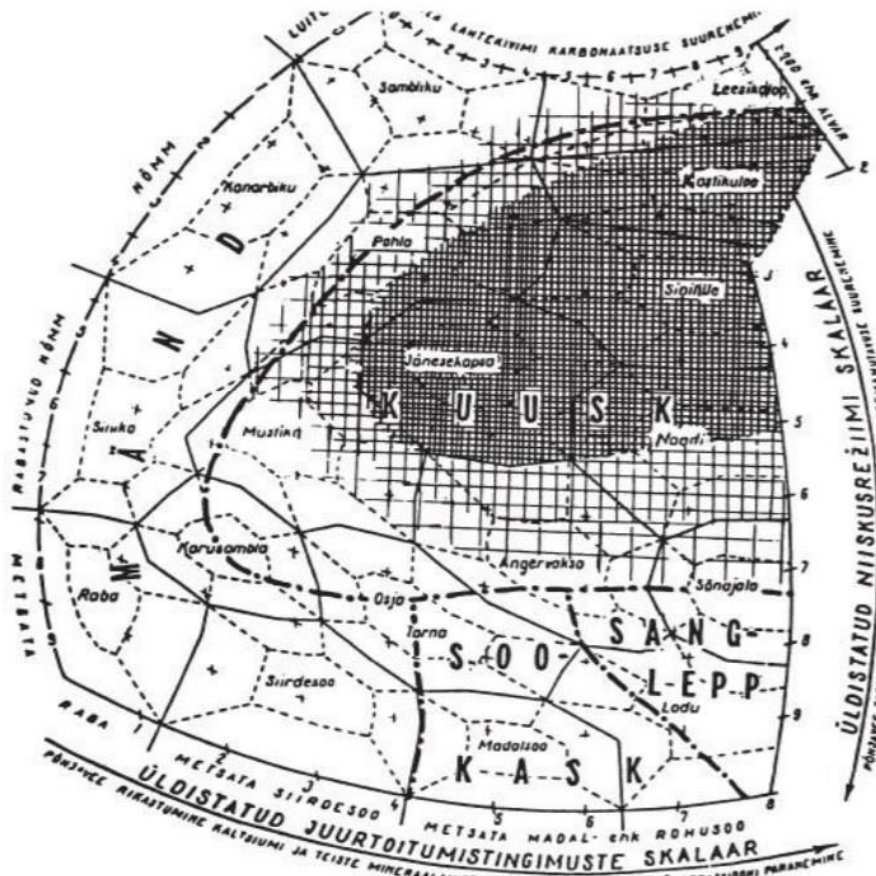
Juurepess põhjustab valgemädanikku tüves ja juurtes, mille tagajärjel sagenevad puude

kahjustused tuuleheite, harvem tuulemurru tõttu (Niemelä 2008). Mädanik tüves võib ulatuda harilikul kuusel kuni 12 meetri kõrgusele (Swedjemark ja Stenlid 2001). Männil üldiselt juurepessu tekitatud mädanik kannust kõrgemale ei tõuse (Hanso ja Õunap 2016). Kuid Inglismaal 50-60 aastases hariliku männi puistus on leitud tüvemädaniku esinemist kuni 2,2m kõrgusel puutüvedes (Greig, 1995). Eestis piirdub mädaniku levik harilikul männil enamasti juurtega ning viljakehad asuvad männil juurekaelal, harva on männi-juurepessu (*H.annosum*) viljakehi leitud ka kõrgemalt (Hanso ja Hanso 1999a).

1.2 Juurepessu levik

Juurepessu esinemissagedus sõltub peamiselt inimtegevusest metsas ja puistu kasvukohatüübist. Juurepessu kahjustused on väiksemad inimese poolt puutumata metsades (harvendamata puistutes). Tõsisemad kahjustused ilmnevad intensiivselt majandatavates metsades kus on soodsad looduslikud tegurid haiguse levimiseks.

Juurepessu levikut mõjutavad suurel määral mulla temperatuur, veerežiim ja mulla füüsikalised ja keemilised omadused. Haigusetekiataja mütseel levib temperatuuril 0-34 °C, kõige kiiremini temperatuuril 22-28 °C. Eestis ei tõuse keskmine mullatemperatuur meil juurepessu jaoks optimaalsele tasemele isegi suvekuudel, seepärast on seene vegetatiivne levimine meie oludes kõige kiirem hästi soojenevates muldades. Kuusikutes esineb juurepessu kahjustusi eelkõige kergetel ja viljakatel, kuid ka leetunud muldadel kasvavates jänesekapsa- ja sinilillekuusikutes (Hanso ja Hanso 1999b). Katsetest nii Eestis (Karu 1953) kui Rootsis (Laine 1979) on teada, et juurepessu levikule mõjuvad soodsalt lubjarikas muld ja mulla kõrge pH. A.Karu (1953) on uurinud juurepessu kahjustusi erinevatel mullatüüpidel, kõige rohkem on viljakates kasvukohatades kahjustusi esinenud karbonaatsetel muldadel ning leetmuldadel. Joonisel 2 on E. Lõhmuse (2004) kasvukohatüüpide skeemil juurepessust ohustatud kasvukohatüübid (viirutatud ala), ühtlasi on need hariliku kuuse kasvuks kõige sobivamad kasvukohatüübid (joonis 2) (Hanso ja Hanso 1999b).



Joonis 2. Juurepessuhtlikud kasvukohatüübid (Hanso ja Hanso 1999b järgi)

Euroopas ulatub juurepessu poolt tekitatud kahju hinnanguliselt 790 miljoni euronni aastas (Woodward jt 2008). Juurepess levib vegetatiivselt kändude kaudu, kuid kändude esmanakatumine toimub õhu kaudu levivate eoste abil (Piri ja Korhonen 2008). Edasi levib seenmütseel samaliigilistes puistutes juurekontaktide kaudu, nakatades ka lähedal seisvaid terveid puid. Haiguskolded suurenevad aastatega. Haige metsa raiumise järel nakatab kändudes ja juures olev seen ka uue metsapõlvkonna taimed (Õunap ja Hanso 2016).

1.3 Harvendusraied kuusikutes

Harvendusraie eesmärgiks on kujundata puistu lõplik liigiline koosseis ja kasvuruumi andmine paremate kasvuomadustega puudele. Lisaks saadakse tulu puudelt mis oleks loodusliku valiku tulemusel välja langenud (Erametsakeskus 2018). Harvendusraiet võib teha kõikides üle 8-sentimeetrise keskmise rinnasdiameetriga puistutes kus rinnaspindala on suurem kui eeskirjas olev alampiir (Riigiteataja 2018).

Karu (1953) andmetel on Eestis paljud loodusliku tekkega segapuistud harvendusraiete tulemusena kujundatud juuremädanikele vastuvõtlikeks üheliigilisteks (monokultuurseteks) puistuteks. Seda tuleks vältida ning puistud majandada pigem segapuistutena.

Juurepessu levik on seda tugevam, mida intensiivsem on raie (Õunap ja Hanso 2016). Lembit Muiste katsealadel tehtud uuringud on näidanud, et puude juurepessu nakatumise osakaal on suurem intensiivsema raie korral (keskmiselt 46,8%) ja mõõduka raie korral (keskmiselt 27,2%) väiksem (Hanso ja Hanso 1999b). Harvendusraied katsealadel teostati suvisel perioodil. Raie intensiivsuse kõrval on veel teisi tegureid mis mõjutavad seene levikut nagu kändude niiskusesisaldus, raie ajal õhus levivate eoste hulk, puude haiguskindlus, juurekontaktide sagedus ja mulla omadused. Järveljal Rõka katsealal oli intensiivse raie korral nakatunud puid 81% ja mõõduka raie korral 62%, nakatunud juuresüsteemiga puid võib olla veel rohkemgi (Hanso ja Hanso 1999b).

Lõuna-Rootsis ja Norras on uuritud harvendusraiete teostamist nooremates kuusikutes ja juurepessu nakatumise seoseid raie teostamise perioodiga (Vollbrecht jt., 1995; Solheim, Borje, 1997). Tulemused näitasid, et varasema eas tehtud harvendusraiega kuusikutes on juurepessu esinemine peaaegu minimaalne võrreldes vanemas eas kuusikutega. Samuti ei levi juurepessu eosed miinuskraadidega, seepärast sõltub juurepessuga kännu nakatamine temperatuurist ja puu diameetrist, neid tegureid tuleks raiete planeerimisel kindlasti arvestada (Hanso ja Hanso 1999b).

Juurepessu levimise piiramiseks tuleks vältida liiga tihedate kuuse- ja männikultuuride istutamist, istutamisele tuleks eelistada külvamist ja külvamisele looduslikku uuenemist. Kuuse- või männi-enamusega puistud tuleks uuendada lageraie järel mõne teise peapuuliigiga, kui ei ole võimalik kogu pindala lehtpuuga uuendada, siis tuleks ikkagi nähtava mädanikuga kändude kõrvale lehtpuud istutada. Puistude rajamisel põllumaale tuleks eelistada lehtpuu- või segapuistuid, kus puistu koosseisus on lehtpuud vähemalt 30% (Õunap ja Hanso 2016). Esimese hooldusraie puistus peaks tegema võimalikult vara, sest alla 10cm läbimõõduga kännud nakatuvad juurepessu harva. Mittemetsamaadele istutatud puistud on enamasti juurepessuvabad kuni esimeste kändude tekkimiseni. Raie teostamisel perioodil mil seeneeosed levivad (keskmine ööpäevane õhutemperatuur üle +5 °C), siis tuleks kännud töödelda biopreparaadiga Rotstop. Tuleks vältida juure- ja tüvevigastuste tekitamist raie ajal (Õunap ja Hanso 2016).

1.4 Juurepessu leviku piiramine

Juurepess kahjustab igal aastal sadu tuhandeid puid ja veel enamatel pidurdab kasvu. Parim vahend juurepessu nakkuse vastu on meil looduslikult levinud seeneliigi hiidkooriku (*Phlebiopsis gigantea* Jülich.) baasil toodetav bioregulaator Rotstop kasutamine okaspuu kändude töötlemisel (Hanso ja Drenkhan 2005). Bioregulaatori eeliseks keemilise tõrjevahendi ees on see, et seen kasvab kännu sisemusse ja levib sealt edasi juurtesse, ning aitab vähendada juurepessu levimist ka puujuurtes. Keemiline tõrjevahend kaitseb vaid kännupinda (Õunap ja Hanso 2016). Rotstopi preparaati valmistatakse Soomes isoleeritud hiidkooriku tüve baasil (Korhonen jt. 1994). Kände töödeldakse Rotstop preparaadiga kohe pärast raiet, eriti oluline on see ajal mil ööpäevane keskmine temperatuur on üle +5 °C, sest sellel ajal levivad juurepessu eosed (Berglund ja Rönnberg 2004). Mädaniku levikut on intensiivselt majandatavates metsades võimalik pärssida, kasutades selleks õigeid majandusvõtteid ja biopreparaati ROTSTOP.

1.5 Külmaseene (*Armillaria* spp.) üldiseloomustus ja levik

Juurepessu kõrval on külmaseen teine olulisem juuremädaniku tekitaja metsas. Risomorfide abil võib külmaseen mullas levida isegi sadade meetrite kaugusele, liikudes mööda puude juuri neid kahjustamata ja oodates sobivat hetke nakatamiseks (Hanso ja Hanso 1999a). Nakatudes muutub juurte värv tumedamaks ja mütseeli vohamise tagajärjel muutuvad juured jämedamaks, võib tekkida vaigujooks juurtes (Guillaumin ja Legrand 2013). Külmaseenest ei ole metsas võimalik vabaneda, seene levikut on võimalik üksnes takistada. Kändude põletamine ja välja juurimine enne uue metsa istutamist vähendab külmaseene nakatumisvõimet (Guillaumin ja Legrand 2013). Külmaseen iseseisvalt puid nakatuda ei suuda, sest tegemist on sekundaarse patogeeni kes nakatab tugevama patogeeni poolt (näiteks juurepess) poolt nõrgestatud puid (Hanso ja Drenkhan 2007).

Eestist on leitud viit erinevat liiki külmaseeni (Kalamees–, 1966, 1989). Põhja-Külmaseen (*Armillaria borealis* Marxm. & Korhonen) on laialdaselt levinud liik Eestis, tutt-külmaseen (*A. cepistipes* Velen.) leitud Eestist enamasti harilikul saarel, tõmmu-külmaseen (*A. ostoyae* Romagn.) on meil laialt levinud ja külmaseene liikidest kõige ohtlikum mädaniku tekitaja, tamme-külmaseen (*A. tabescens* Scop.) on suhteliselt harva

esinev seen enamasti lehtpuukändudel ja –juurtel, mugul-külmaseen (*A.gallica* Marxm. & Korhonen) leitud kõigest paaril korral ning on juurepatogeenina väheoluline (Kalamees 1989).

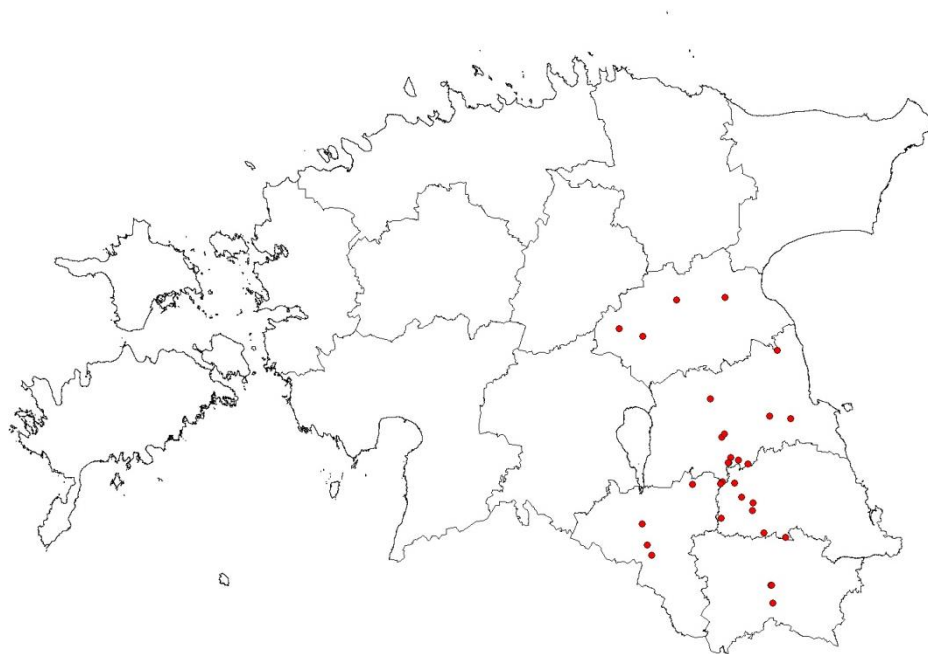
Põhja külmaseen on külmaseentest kõige põhjapoolsema levikuga. Esineb peamiselt boreaalsetes okaspuumetsades, kuid on suhteliselt nõrk juuremädaniku tekitaja - kahjustab enamasti nõrgestunud puid. Tõmmu-külmaseen on väga ohtlik ja kiire levikuga juurepatogeen, eriti kuivadel ja toitainevaestel kasvukohatüüpidel (puude hukkumine massiline). Esineb männil, kuusel, leitud on ka kaselt, pöögilt ja pihlakalt. Eesti kõige ohtlikum ja agressiivsem külmaseene liik. Tamme-külmaseen ja mugul-külmaseen on Eestis harva esinevad liigid (Hanso ja Hanso 1999a).

2. KATSEALADE ÜLDISELOOMUSTUS

2.1 Alade valik ja asukoht

Bakalaurusetöö andmed on kogutud 31 hariliku kuuse puistust 2016. aasta sügisel ja 2017. aasta kevadel. Kuusikud valiti vanusevahemikust 21–40 aastat. Proovipuistud asusid viljakates kasvukohatüüpides (jänesekapsa, sinilille, naadi). Esindatud oli 27 jänesekapsa, 3 sinilille ja 1 naadi kasvukohaüübi puistu.

Harvendusraiega alasid oli 16 ja korduvalt oli harvendatud üks (AK031-9), harvendamata alasid oli kokku 15. Alad paiknesid Tartumaal (12) Põlvamaal (7), Valgemaal (5), Jõgevamaal (4) ja Võrumaal (3) (Joonis 3).



Joonis 3. Proovialade paiknemine Eestis

Proovialade andmed on välja toodud metsekondade kaupa (tabel 1). Tablist 1 näeb prooviala koodi, puistu kasvukohatüüpi, keskmist kõrgust, puistu tekkeviisi ja ala suurust. Välja on toodud harvendamata ja harvendatud puistud (koos harvendusraie ajaga).

Tabel 1. Proovialad metuskondade kaupa (Metsaregister 2018)

Prooviala kood	Metsa kasvukohat tüüp	Puistu vanus proovi võtmise ajal	Puistu keskmise kõrgus (m)	Pind ala (ha)	Harvendusraie (HR) /harvendamata, viimase harvendusraie aeg	Puistu tekeviis (K-külvikultuur; I- Istutuskultuur)
Tartumaa metuskond						
KM024-2	JK	24	13	1,53	HR, 26.02.2015	I
KM033-1	JK	34	14	2,5	HR ,05.05.2015	I
TAPU	JK	25	NA	NA	HR ,2005	NA
AK031-9	JK	29	12	2,73	HR, 18.12.2008	K
KM050-19	JK	30	18	1	HR, 07.04.2016	I
KM033-4	SL	32	15	7,02	HR ,29.09.2014	I
TT018-1	ND	37	16	3,16	HR ,11.07.2014	I
TT104-5	JK	30	16	4,9	Harvendamata	I
KM111-11	JK	25	17	4,08	Harvendamata	I
TT093-10	JK	21	10	2,7	Harvendamata	I
QT054-6	JK	22	10	2,4	Harvendamata	I
KS164-1	JK	23	13	2,3	Harvendamata	K
Põlvamaa metuskond						
QB006-2	JK	25	15,5	2,55	HR ,02.12.2009	I
EV005-6	JK	38	18	9,56	HR ,23.12.2010	K
EV191-7	JK	36	20	1,4	HR ,16.12.2010	K
SV096-3	JK	35	17	5,2	HR, 18.11.2015	K
SV080-6	JK	39	20	2,75	HR, 29.08.2012	K
SV012-11	JK	24	12	1,72	Harvendamata	K
SV126-16	JK	36	21	1,12	Harvendamata	K
Valgamaa metuskond						
VL527-3	JK	24	12	2,1	HR, 29.03.2004	I
OP015-12	JK	36	21	1,83	Harvendamata	K

Tabeli 1 järg

OP078-4	JK	31	15	2,16	Harvendamata	K
VL417-4	JK	40	19	2,77	Harvendamata	K
AA244-2	JK	24	14	1,75	Harvendamata	K
Jõgevamaa metuskond						
LA176-6	JK	38	18	1,6	HR, 13.03.2015	I
PM197-8	SL	39	14	2,9	HR, 21.09.2010	I
VZ211-6	SL	38	18	1,9	HR, 25.06.2013	K
PM174-23	JK	24	13	1,4	Harvendamata	I
Võrumaa metuskond						
RG214-7	JK	36	18	4,07	Harvendamata	I
RG015-7	JK	27	5	1,2	Harvendamata	K
RG016-6	JK	28	11,5	0,94	Harvendamata	I

2.2 Tartumaa metuskond

Tartumaa metuskonna üldpindala on 76 938 hektarit. Metsamaad on 75%. Salumetsad (21%) ja palumetsad (20%) on peaaegu võrdselt esikohal. Puuliikidest on esikohal ülekaalukalt kask, siis mänd ja kolmandaks kuusk. Kõige levinumad kasvukohatüübid on naadi (20,8%), pohla (18,9%) ja jänesekapsa (15,8%) (RMK 2018).

2.3 Põlvamaa metuskond

Põlvamaa metuskonna üldpindala on 56 188 hektarit. Metsamaad on 85%. Ülekaaluka enamuse moodustavad palumetsad (54%) järgnevad laanemetsad (25%). Puuliikidest on esikohal mänd, seejärel arukask ja kuusk. Kõige levinumad kasvukohatüübid on naadi (53,3%) ja jänesekapsas (25,0%) (RMK 2018).

2.4 Valgamaa metskond

Valgamaa metskonna üldpindala on 53 010 hektarit. Metsamaad on 89%. Metskonna pindalast enamuse moodustavad salumetsad (46%) ja laanemetsad (20%). Puuliikidest on ülekaalukalt esikohal mänd seejärel kuusk. Kõige levinumad kasvukohatüübid on pohla (45,7%) ja jänesekapsa (21,9%) (RMK 2018).

2.5 Jõgevamaa metskond

Jõgevamaa metskonna üldpindala on 68 815 hektarit. Metsamaad on 79%. Jõgevamaal on domineerivad salu- ja soovikumetsad ja kuivenduse tulemusena tekkinud kõdusoo tüübirühma metsad. Puuliikidest on enamuse tagavara järgi arukask, harilik kuusk ja harilik mänd. Kasvukohatüüpidest on levinud naadi (26,2%), angervaksa (24,0%) ja kõdusoo (21,0%) (RMK 2018).

2.6 Võrumaa metskond

Võrumaa metskonna üldpindala on 48 924 hektarit. Metsamaad on 88%. Pooled metsadest on palumetsad (50%), teisel kohal on laanemetsad (19%). Puulikeidest on levinud harilik mänd, harilik kuusk ja arukask. Kasvukohatüüpidest on levinumad pohla (49,5%) ja jänesekapsa (18,3%) (RMK 2018).

3. METOODIKA

3.1 Välitööd

Alade esmavalik tehti RMK andmebaasi järgi, valides välja hariliku kuuse puistud (kuuse osalus 50% ja enam) viljakatest kasvukohatüüpidest: jänesekapsa (JK), sinilille (SL), naadi (ND). Käesolevas bakalaureusetöös analüüsiti puistuid vanusevahemikust 21-40 aastat. Sellest vanusevahemikust valiti kokku 31 ala, s.o kokku raiutud ja raiumata ehk kontrollalad.

Valitud proovialadele rajati 0,25 ha suurused proovitükid, kus tehti mõõtmised ja koguti mullaproovid ja puidu juurdekasvuproovid ning hinnati mädaniku olemasolu kändudel vastavalt välitöö protokollile. Elusatelt puudelt tehti mädaniku hinnang 12 juhuslikult valitud kuusel nii, et erinevad diameetriklassid olid esindatud. Kontrolliti katsealade kasvukohatüüpi, hinnati puistu koosseisu (s.h põõsad ja alusmets) ja raiekändudelt hinnati mädaniku olemasolu. Eelmise metsapõlve kändudelt (harvendamata puistud) olemasolu ei tuvastatud, sest kännud polnud enam eristatavad.

12 juhuslikult valitud puult katseala kohta koguti juurdekasvuproovid ca 20-30 cm kõrguselt maapinnalt. Igalt puult võeti üks juurdekasvuproov (kokku ühe prooviala kohta 12 puiduproovi), pandi proovikotti (võimalusel enne jämeda joogikõrre sisse), proovikotile kirjutati katseala nimetus ja puu diameeter või ümbermõõt (mõõdetuna 20-30cm kõrguselt maapinnast). Iga proovi võtmise järel steriliseeriti juurdekasvupuur piirituses (96%) ja erinevate proovialade vahel gaasilambi leegis.

Kui katsealal oli võimalik visuaalselt hinnata kände $D \geq 10$ cm, siis määrati mädaniku olemasolu proovila kohta vähemalt 12 hariliku kuuse kännult. Ühe ala piires hinnati erinevatesse diameetriklassidesse kuuluvaid juhuslikke kände. Mõõdeti kännu diameter ja märgiti üles visuaalselt nähtav mädanik (tsentraalne/perifeerne) ning tehti märges kui känd oli terve.

Proovid säilitati külmas -30°C kuni edasiste laboratoorsete analüüsideni.

3.2 Labortööd

Labortööd teostati Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi metsapatoloogia laboris. Kogutud juurdekasvuproovidest pandi puiduproov Eppendorf (MCT) tuubi. Juurdekasvuproovidelt lõigati skalpelliga õhukesed puidulaastud, puitu pandi igasse tuubi kahes korduses (2x0,05 g). Peale igat proovi steriliseeriti töövahendid piirituses ja tuleleegi kohal. Töölaud ja kindad puhastati piiritusega ristsaaste vältimiseks. Patogeeni liigi määramiseks kasutati DNA-põhist meetodikat. Juurdekasvuproove analüüsiti esmalt juurepessu (*Heterobasidion* spp.) perekonna primeriga (Het-ITS-F ja Het-ITS-R), et teha kindlaks seene olemasolu puiduproovis. Juurepessu liike testiti liigispetsiifilise praimeritega. Külmasene perekonna määramine liigispetsiifiliste DNA praimeritega teostati nähtava mädanikuga puiduproovidele. Kokku analüüsiti juurepessu perekonna määramiseks 372 proovi. Männi-juurepessu (*H. annosum*) ja kuuse-juurepessu (*H. parviporum*) liigi tasemel määrati 26 juurdekasvuproovist ning külmasene perekonna tasemel 51 puiduproovist. Ebaselgeid proove kontrolliti universaal-praimeriga (ITS1F) (Gardes ja Burns 1993) ja ITS4 (White jt 1990), kokku 33 proovi.

3.2.1 DNA eraldamine puiduproovidest

Tuubidesse lisati puidu purustamiseks 5 steriilset metallkuuli läbimõõduga 3 mm. Rakkude purustamine toimus homogenisaatoris (Retsch GmbH, Haan, Saksamaa). DNA eraldamisel kasutati DNA Thermo Scientific GeneJet Genomic DNA Purification kit-i (Leedu), mille kasutamisel järgiti tootjapoolset protokollit. Eraldatud DNA proove säilitati sügavkülmikus - 20 °C juures.

3.2.2 PCR- polymerase chain reaction (polümeerasi ahelreaktsioon)

Proovide analüüsimisel kasutati universaal- ja liigispetsiifilisi primereid. Universaalpraimeritega PCRi (polümeraasahelreaktsiooni) segu valmistati Drenkhan jt 2013 kirjeldatud meetodil. Liigispetsiifiliste analüüside teostamisel kasutati PCR-reaktsioonides kuuse- ja männijuurepessu primereid KJ-F (5'-CCATTAACGGAACCGACGTG-3'), KJ-R (5'-GTGCGGCTCATTCTACGCTATC-3')

ning MJ-F (5'-GGTCCTGTCTGGCTTTGC-3') ja MJ-R (5'-CTGAAGCACACCTTGCCA-3') (Hantula ja Vainio 2003) ning külmaseene praimereid ArmiR ja ArmiF (Riit 2014). PCR seguna kasutati 5x HOTPol Blend Master Mix'i RTL (OÜ Solis Biodyne, Tartu) 4 µl ühe proovi kohta, sellele lisati 0,5 µl (20 µM) mõlemat praimerit (KJ-F, KJ-R või MJ-F ja MJ-R või ArmiR ja ArmiF) ja 1 µl DNA-d ning 14 µl destilleeritud vett, reaktsioonisegu lõppkoguseks saadi 20 µl. Analüüside kontrollimiseks tehti negatiivne kontroll destilleeritud veega. DNA lõigu kordistamine viidi läbi termotsükleriga Tprofessional Thermocycler (Biometra GmbH, Göttingen, Saksamaa) männi- ja kuuse-juurepessu liigispetsiifiliste proovide korral järgnevalt: eelkuumutamine 10 minuti jooksul +96 °C juures, järgnes 40 tsükliline DNA denaturatsioon temperatuuril +95 °C 30 sekundi jooksul, seejärel toimus praimerite seondumine 35 sekundi jooksul +66 °C juures ning DNA ahela süntees 1 minuti jooksul +72 °C juures. Lõppekstensioon toimus +72 °C juures 7 minutit ning protsessi lõpus masin seiskus ning jahtus 16 kraadini. Külmaseene perekonna liigispetsiifiliste proovide korral järgnevalt: eelkuumutamine 10 minuti jooksul +95 °C, millele järgnes 35 tsükliline DNA denaturatsioon +94 °C juures 30 sekundi jooksul, praimerite seondumine toimus 30 sekundit +70 °C ning DNA ahela süntees toimus +72 °C juures 1 minuti vältel. Lõppekstensioon toimus +72 °C juures 7 minutit, kui eelnevad punktid on lõpetatud, siis masin seiskus ja jahtus 16 kraadini.

2.2.3 Geelelektroforees

PCR produkti kontrollimiseks valmistati esmalt 1%-line agarosgeel, milles on vastavalt protokollile TBE 0,5X, agarosi ning etüümbromiidi (EtBr). Agarosgeelile lisati etteantud kogus DNA Ladder (Naxo OÜ, Eesti) ning seejärel lisati geeli PCR produktid. DNA lõigu olemasolu ja lõigu pikkus geelil tehti kindlaks UV kiirte transillumiinatsiooniga 21 Quantum ST4-3026/WL/25M (Vilber Lourmat SAS, Marne-laVallée, Prantsusmaa). Geelipilti töödeldi tarkvaraga Quantum ST4 Express v16 (Vilbert Lourmat, Prantsusmaa), mida kasutades tehti kindlaks uuritava seenpatogeeni liik.

4. TULEMUSED

Bakalaurusetöös analüüsiti 372 hariliku kuuse puiduproovi, nendest 192 proovi olid kogutud harvendatud ja 180 harvendamata puistudest. Tabelis 2 on kogutud juurdekasvuproovide põhjal toodud juuremädaniku tekitaja ning nakatunud proovide osakaal alade kaupa. Proovidest määrati – kuuse-juurepessu (*Heterobasidion parviporum* - HP) ja külmaseene (*Armillaria* spp. – AR) esinemine.,männi-juurepessu (*H. annosum*) ei leitud ühestki puistust ega proovist. Kuuse-juurepessu (*H. parviporum*) esinemine tuvastati kokku 26 proovist. Külmaseene nakkuse määramiseks perekonna tasemel analüüsiti 51 puiduproovi, patogeen tuvastati 1 proovist.

Tabel 2. Harvendatud kuuse puistutes tuvastatud juuremädanike tekitajad

Prooviala kood	Nakatunud puude arv (tk)	Viimase harvendus-raie aeg	Proovi võtmise aeg	Puistu keskmine vanus (aasta)	Kasvu-kohatüüp	Juuremädaniku liik ja nakatumise hulk (%)
KM024-2	0	26.02.2015	23.11.2016	24	JK	-
KM033-1	1	05.03.2015	23.11.2016	24	JK	HP; 8,3%
VL527-3	3	29.03.2004	07.06.2017	24	JK	HP; 25%
TAPU	0	2015	24.11.2016	25	JK	-
QB006-2	0	02.12.2009	02.06.2017	25	JK	-
AK031-9	0	18.12.2008	24.03.2017	29	JK	-
EV005-6	1	23.12.2010	28.06.2017	38	JK	HP; 8,3%
KM050-19	1	07.04.2016	23.11.2016	30	JK	HP; 8,3%
KM033-4	0	29.09.2014	23.11.2016	32	SL	-
EV191-7	0	16.12.2010	02.06.2017	36	JK	-
LA176-7	0	13.03.2015	27.04.2017	38	JK	-
SV096-3	0	18.11.2015	27.06.2017	35	JK	-
SV080-6	2	29.08.2012	01.06.2017	39	JK	HP; 16,7%
TT018-1	1	11.07.2014	01.10.2017	37	ND	HP; 8,3%
PM197-8	2	21.09.2010	26.06.2017	39	SL	HP; 16,7%
VZ211-6	0	25.06.2013	02.05.2017	38	SL	-

Harvendatud alade juurdekasvuproovidest määrati kuuse-juurepessu esinemine 43,8% aladest. Enim esines kuuse-juurepessu alal VL527-3 (25%) kus harvendusraie oli teostatud 2004. aasta varakevadel. Järgnevad PM197-8 ja SV080-6 (16,7%), kus harvendusraied on tehtud suvisel-varasügisel ajal. Aladel TT018-1, KM033-1, EV005-6 ja KM050-19 on kuuse-juurepessu nakatunud vaid 1 puu 12st (8,3%). Alal VZ211-6 on harvendusraie tehtud 2013. aasta suvel, aga juurepessu ei leitud ühestki proovist. Alal AK031-9 on teostatud puistu ajaloo jooksul kaks harvendusraiet 2007. ja 2008. aasta detsembris, alalt ei tuvastatud juuremädanike esinemist. Talvekuudel (detsember, jaanuar ja veebruar) tehtud raietest on juurepessu esinemist tuvastatud ainult ühel alal (EV005-6), neli ala (KM024-2, QB006-2, EV191-7 ja AK031-9) olid juurepessu nakkuse vabad (Tabel 2).

Tabel 3. Harvendamata kuuse puistutes tuvastatud juuremädanike tekitajad

Prooviala kood	Nakatunud puude arv (tk)	Proovi võtmise aeg	Puistu keskmine vanus (aasta)	Kasvukohatüüp	Juuremädaniku liik ja nakatumise hulk (%)
OP015-12	1	21.05.2017	36	JK	HP; 8,3%
TT104-5	1	27.10.2016	30	JK	AR; 8,3%
KM111-11	2	27.06.2017	25	JK	HP; 16,7%
OP078-4	1	27.06.2017	31	JK	HP; 8,3%
SV012-11	1	27.06.2017	24	JK	HP; 8,3%
PM174-23	1	26.06.2017	24	JK	HP; 8,3%
TT093-10	0	21.06.2017	21	JK	-
QT054-6	0	26.06.2017	22	JK	-
KS164-1	0	26.06.2017	23	JK	-
SV126-16	7	27.06.2017	36	JK	HP; 58,3%
RG214-7	0	28.06.2017	36	JK	-
RG015-7	0	28.06.2017	27	JK	-
VL417-4	0	27.06.2017	40	JK	-
AA244-2	2	27.06.2017	24	JK	HP; 16,7%
RG016-6	0	28.06.2017	28	JK	-

Harvendamata alade juurdekasvuproovidest määrati kuuse-juurepessu esinemine 7 ja külmaseene esinemine 1 alalt (TT104-5), 53,3% aladest oli nakatunud. Alal SV126-16 oli

juurepessu osakaal 58,3% kogutud proovidest. Aladel AA244-2 ja KM111-11 tuvastati mõlemalt alalt kuuse-juurepessu esinemine, so. 16,7% proovidest olid nakatunud. Ülejäänud neljal alal oli juurepessu nakatunud 1 puu 12st, so. 8,3% kogutud proovidest.

Universaalpraimeriga kontrollitud mädaniku tunnustega proovide analüüsimisel leiti, et DNA eraldamine on õnnestunud, kuid otsitud juuremädanike (juurepess ja külmaseen) olemasolu harvendatud ega harvendamata aladel ei tuvastatud. Kuna teisi võimalikke mädanike tekitajaid ei määratud siis antud proovid võisid nakatunud olla mõne teise seene poolt, nt verev nahkis (*Stereum sanguinolentum*). Vereva nahkise olemasolu ei kontrollitud, kuid nimetatud liiki on kuusikutes palju ja patogeen kahjustab puid raietel tekkinud vigastuste kaudu (Nurk 1998).

Harvendatud alade (16) varieeruvus kasvukohatüüpide lõikes on suurem (JK, SL, ND) ja keskmiselt on nakatunud proovide hulk kasvukohatüüpide kohta kokku 5,7%. Nakatunud on suvel ja hilissügisel harvenatud puistud, talvisel perioodil raiutud puistud oluliselt vähem.

Valdav osa katsealasid harvendatud ja harvendamata puistute kohta kokku pärinesid jänese kapsa kasvukohatüübist (27 ala). Seetõttu, ei olnud erinevusi juuremädanikesse nakatumisel kasvukohatüüpide vahel, sest vaid 4 ala, so 13% uuritud aladest olid teistest kasvukohatüüpidest (3 sinilille ja 1 naadi kasvukohatüübi ala). Nendest kuuse-juurepessu nakkust tuvastati naadi kasvukohatüübi alalt (8,3%) ja ühelt sinilille kasvukohatüübi alalt (16,7%).

5. ARUTELU

Käesolevas töös uuriti juuremädanike esinemist harvendatud ja harvendamata hariliku kuuse puistutes vanusevahemikus 21-40 aastat. Töös tehtud analüüsid näitasid, et harvendatud puistutes oli talvistel raietel juurepessu osakaal madalam kui suvel-sügisel teostatud raiete järel. Tulemustest selgus ka, et harvendamata puistud olid juuremädanike poolt nakatunud samas mahu nagu harvendatud puistud. Puistute juurepessu nakatumise keskmine osakaal harvendatud ja harvendamata puistutes on veidi erinev, vastavalt 5,7% ja 8,9%. S. Schönhar'i (1975) andmetel Saksamaal tehtud uuringus selgus, et hooldusraiate järgselt nakatus juurepessu vähem puid kui raie teostati varasemas vanuses. Harvendusraie kordustel ja intensiivsusel on mõju juurepessu levikule, Norras uuriti erineva seaduga puistuid, selgus, et mida väiksem on puistu algtihedus, seda vähem peab puistut tulevikus harvendama ning vähenes ka juurepessu levik (Venn, Solheim, 1994). Juurepessu levikut pidurdab ka harvendusraiate teostamine talvisel perioodil (Swedjemark ja Stenlid 1993).

Varasemate uurimuste andmetel on teada, et miinuskraadidega harvendusraie teostamine vähendab juurepessu levikut aga ei hoia seda täiesti ära, sest eosed võivad kaugemalt nakkusohhtlikule alale levida ja puukoorel või selle vahel ellu jääda, temperatuuri soojenedes nakatuvad kännud (Piri ja Korhonen 2008). Seda näitab ka käesoleva töö tulemus, talvekuudel tehtud harvendusraie aladest on viiest alast nakatunud üks (EV005-6), põhjuseks võivad olla soojemad temperatuurid raiete ajal. Alal AK031-9 on teostatud puistu ajaloo jooksul kaks harvendusraiet 2007. ja 2008. aasta detsembris, juuremädanike antud puistut ei leitud. Põhjuseks võib olla puistu vanus (29 aastat), selles vanuses levib nakkus harvemini, kuna puude omavahelised juurkontaktid ei ole veel sagedased (Hanso ja Hanso 1999b). Seega, antud näitel raiete hulga ja juurepessu leviku vahelist seost ei leitud. Harvendamata alad (15) pärinevad kõik jänesekapsa kasvukohatüübi puistutest ja nakatunud on keskmiselt vaid 8,9% kogutud proovidest. Harvendamata puistutes levinud juurepessu nakkus võib olla tingitud teadmata (s.o dokumenteerimata) harvendusraiate või eelmise metsapõlve kändude nakkuse olemasolust. Võimalik, et juba eelmine metsapõlv oli juurepessu nakkusega, sest eelmises metsapõlve kännud jäävad puistus seennakkuse

allikaks, sama peapuuliigi kultiveerimine mitmes järjestikuses metsapõlves suurendab juurepessu levikut veelgi (Stenlid, 1987; Piri, 1996).

Keskmise õhutemperatuuri dokumenteerimine tavlise raie ajal ja raie järgselt annaks võimalusi leida seoseid temperatuuri ja juuremädanike hulga vahel puistus. Eoste hulka raie ajal on võimalik analüüsida eospüüdijate abil, see annaks ka lisainformatsiooni eoste levimisest raieperioodil sõltuvalt õhutemperatuurist.

6. KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöös uuriti harvendatud ja harvendamata hariliku kuuse puistutes juuremädanike esinemist. Proovid koguti Tartumaa (12 ala), Põlvamaa (7 ala), Valgamaa (5 ala), Jõgevamaa (4 ala) ja Võrumaa (3) metskonnast. Juurepessu (*Heterobasidion* spp.) määramiseks perekonna tasemel analüüsiti 372 proovi, millest tuvastati kuuse-juurepessu (*H. parviporum*) esinemine 26 proovist. Külmaseene nakkuse määramiseks perekonna tasemel analüüsiti 51 puiduproovi, patogeen tuvastati 1 proovist. Käesoleva töö tulemusena selgus, et juuremädanike esinemine harvendatud ja harvendamata puistutes oli võrdne – nakatunud oli 7 ala nii harvendatud kui harvendamata aladel. Lisaks määrati 1 alalt (TT104-5) harvendamata puistust külmaseene esinemine.

Juurepessu nakkuse osakaal oli kõige suurem harvendamata puistus SV126-16 (jänsekapsa KKT puistu) kus oli nakatunud 58,3% analüüsitud proovidest. Ülejäänud harvendamata puistute nakkuse osakaal jäi 8-25% vahele.

Antud töö tulemuse põhjal võib järeldada, et uuritud hariliku kuuse puistutes juuremädanike levimine harvendatud puistutes (5,7%) ei ole suurem kui harvendamata puistutes (8.9%).

Enamus harvendusraieid on tehtud talvisel perioodil ning see vähendab juurepessu nakatumist, harvendamata puistutes võib juuremädaniku leviku põhjuseks olla eelneva metsapõlve nakatumise tase.

VIIDATUD ALLIKAD

Aastaraamat Mets 2014. (2016). Tartu. Keskkonnaagentuur. 242 lk.

Berglund, M., Rönnerberg, J. (2004). Effectiveness of treatment of Norway spruce stumps with *Phlebiopsis gigantea* at different rates of coverage for the control of *Heterobasidion*. – Forest Pathology, 34, pp. 233-243

Drenkhan, R., Adamson, K., Hanso, M. (2013). Karantiinse pruunvöötaudi ja teiste ohtlike vöötaudide seire, diagnostika ja tõrjestrategia: KIK projekti täitmise lühiaruanne. Tartu, Eesti Maaülikool, Metsandus- ja maaehitusinstituut, metsakasvatuse osakond. 32 lk

Drenkhan, T. (2014). Olulisimate juuremädanike tekitajate leviku ja kahjustuse uuring Eestis. Keskkonnainvesteeringute Keskuse projekt nr. 3698 lõpparuanne. Tartu, Eesti Maaülikool. 34 lk.

Erametsakeskus. 2018. www.eramets.ee [05.05.2018]

Gardes, M., Bruns, T. D. (1993). ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes application to the identification of mycorrhizae and rusts. – Molecular Ecology. 2 (2). pp. 113-118.

Greig, B.J.W. (1998). Field Recognition and Diagnosis of *Heterobasidion annosum*. In: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. /Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.). Wallingford: CAB International, pp. 35-41.

Guillaumin, J.-J., Legrand, P. (2013). *Armillaria* Root Rots. In: Infectious Forest diseases (ed. by Gonthier, P., Nicolotti, G.) Wallingford, Boston. pp. 159-177

Hanso, M., Drenkhan, R. (2007). Metsa- ja linnapuud ilmastiku äärmuste vaevas. Eesti Loodus, 58(4). lk 6-13

Hanso, M., Drenkhan, T. (2005). Seenega seene vastu. -Eesti Loodus, 1, lk 16-19.

Hanso, M., Õunap, H. (2016). Olulisemad metsakahjustused ja nende vältimine. Tartu: SA Erametsakeskus. 44 lk.

Hanso, S. 1986. Juurepessu tekitaja *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. Ökoloogiast. – Rmt: Metsanduslikud uurimused XXI. Metsakaitse. Tallinn: Valgus, 137-152.

Hanso, S., Hanso, M. (1999a). Andmeid juuremädanike tekitajate kohta Eesti metsadest. – Metsanduslikud uurimused 31, lk 141-161.

Hanso, S., Hanso, M. (1999b). Juurepessu levimisest Eesti metsades. - Metsanduslikud

uurimused 31, lk 162-172.

Kalamees, K. 1966. Seened. Tallinn, Valgus, 296lk.

Kalamees, K. 1989. Modern treatment of the *Armillaria mellea* group in Estonia.- Tenth Congress of European Mycologists, Abstracts., Aug 1989. Tallinn, p50

Karu, A. 1953. Juurepessu (*Fomes annosus*) kahjustuse olenevus mullastiku tingimustest Eesti NSV kuusepuistutes. – Rmt: Haberman, H. (toim.). Loodusuurijate Seltsi juubelikoguteos. Tallinn: Eesti Riiklik Kirjastus, 196-228.

Korhonen, K., Lipponen, K., Bendz, M., Johansson, M., Ryen, I., Venn, K., Seiskari, P., Niemi, M. 1994. Control of *Heterobasidion annosum* by stump treatment with 'Rotstop', a new commercial formulation of *Phlebiopsis gigantea*. In: Johansson, M., Stenlid, J. (eds.). Proceedings of the 8th International Conference on root and butt rots, Wik, Sweden & Haikko, Finland, 9–16 August 1993. Swedish University of Agricultural Sciences, 675–685.

Metsaregister. [<http://register.metsad.ee/avalik/>] (15.05.2018)

Niemelä, T. 2008. Männi-juurepess, kuuse-juurepess. Torikseened Soomes ja Eestis, Toim. Parmasto, E. Eesti Loodusfoto, 128-130.

Nurk, T. 1998. Metsa ülestöötamise tehnoloogiate hindamise ja võrdlemise erinevaid aspekte. – Metsanduslikud uurimused. XXIX. Tartu, 164–169.

Piri, T. 1996. The spreading of S-type *Heterobasidion annosum* from Norway spruce stumps to the subsequent tree stand. – European Journal of Forest Pathology , 26, 193–204.

Piri, T., Korhonen, K. (2008). The effect of winter thinning on the spread of *Heterobasidion parviporum* in Norway spruce stands. Canadian Journal of Forest Research, 38 (10), pp. 2589-2595.

Riigiteataja. 2018. www.riigiteataja.ee [05.05.2018]

RMK. - Riigimetsamajandamise keskuse kodulehekülg.

[<http://www.rmke.ee/metsamajandamine/metsamajandus/metskonnad/>] (04.05.2018).

Roll-Hansen, F., Roll-Hansen, H. (1995). On diseases and pathogens on forest trees in Norway 1966 – 1975, part I. – Communications of Norwegian Forest Research Institute, 479, 63 pp.

Schönhar, S. 1975. Zur Besiedlung frischer Stubben in Fichten-Erstaufforstungen durch *Fomes annosus*. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 146, 177–179.

Solheim, H., Borje, E. 1997. Infection of *Heterobasidion annosum* on stumps in precommercial thinning stands of Norway spruce and surface coating with urea. Ninth International Conference on Root and Butt Rots. Carcansas, France, Aug. 1997. Abstracts, p. 14.

- Stenlid, J.** 1987. Controlling and predicting the spread of *Heterobasidion annosum* from infected stumps and trees to *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2, 187–198
- Swedjemark, G., Stenlid, J.** (1993). Population dynamics of the root rot fungus *Heterobasidion annosum* following thinning of *Picea abies*. *Oikos*, 66, pp. 247-254
- Venn, K., Solheim, H.** 1994. Root and butt rot in first generation stands of Norway spruce affected by spacing and thinning. *Proceedings of the Eighth International Conference on Root and Butt Rots*. Sweden/Finland, Aug. 1993. Uppsala, 642–645.
- Vollbrecht, G., Gemmel, P., Pettersson, N.** 1995. The effect of Precommercial Thinning on the Incidence of *Heterobasidion annosum* in planted *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.*, 10, 34–41.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J.** (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. – In: *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. Eds. M. Innis, D. Gelfand, J. Sninsky, T. White. London: Academic Press. p. 482.
- Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A.** 1998. Preface. In: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A. (eds.). 1998. CAB International, Wallingford, UK, pp. xi–xii.

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Sander Rannakivi,

(*autori nimi*)

sünniaeg 08.06.1994,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Juuremädanike kahjustused 21-40 aastaste kuusikutes,

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on Tiia Drenkhan ja Rein Drenkhan,

(*juhendaja(te) nimi*)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(*allkiri*)

Tartu, _____
(*kuupäev*)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)